

ICS 13.020.40

CCS Z 00

团体标准

T/CSER XXX—XXXX

高寒矿区植被恢复的土壤改良应用 技术规程

Technical specification for the application of soil improvement for vegetation
restoration in alpine mining areas

(征求意见稿)

2024-X-XX发布

2024-X-XX实施

中关村众信土壤修复产业技术创新联盟发布

目 次

目 次	I
前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 土壤改良总体要求	3
5 土壤改良原则及技术路线图	3
6 土壤改良材料施用方法	4
7 施工前期准备	4
8 植被恢复基本工艺流程	7
9 土壤植被监测	133
10 检验方法	154
11 检验规则	176
附录 A 高寒矿区边坡绿化喷播基质改良工程区域基本数据调查表	17
附录 B 蛇纹石渣土用于绿化基质改良技术指标	18

前 言

本文件参照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容有可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中关村众信土壤修复产业技术创新联盟提出和归口。

本文件起草单位：青海威斯特铜业有限责任公司、中国矿业大学（北京）、青海大学、宁夏宁苗生态建设集团股份有限公司、黄河水利委员会黄河水利科学院、东北林业大学、中铁科学研究院集团有限公司、北京林业大学、浙江大学、北京金元易生态环境产业有限公司、成都工业学院、中电建（云浮）绿色矿业有限公司、中电建路桥集团有限公司北京工程技术研究分公司、北京华夏绿洲生态环境工程有限公司。

本文件主要起草人：黄占斌、史兴萍、孔令健、尚卿、张明、李希来、余根民、李莉、王竞红、于贵、于妍、于彩虹、史常青、贺康宁、徐礼根、王夕刚、魏远、化荣、伍会萍、鲍宏喆、王颖南、蔺吉祥、李廷山、董彦、唐明军、聂东怡、申新山。

高寒矿区植被恢复的土壤改良应用技术规程

1 范围

本文件规定了高寒矿区植被恢复的土壤改良总体要求、土壤改良原则、技术路线、土壤改良材料施用方法、施工前期准备、植被恢复基本工艺流程包括平地绿化撒播和边坡喷播基质技术应用流程、土壤植被监测以及检验方法和规则等。

本文件适用于青藏高原等矿区植被恢复中土壤基质应用，其它高寒矿区土壤基质应用可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 15618	土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准
GB 36600	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准
GB/T 51097	水土保持林工程设计规范
CJJ/T 82	园林绿化工程施工及验收规范
CJJ/T 292	边坡喷播绿化工程技术标准
CJT 340	绿化种植土壤
HG/T 5046	腐植酸复合肥料
HJ/T 166	土壤环境监测技术规范
HJ 964	环境影响评价技术导则土壤环境（试行）
LY/T 1970-2011	绿化用有机基质
LY/T 2356	矿山废弃地植被恢复技术规程
TD/T 1036	土地复垦质量控制标准
TD/T 1070.1-2022	矿山生态修复技术规范 第1部分：通则
DB11/T 864-2020	园林绿化种植土壤技术要求
NY/T 525	有机肥料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高寒矿区 High-altitude cold mining area

分布在海拔 3700 m 以上，常年低温、年均气温小于 -4.0℃、年均降水量 470 mm 左右，

具有冻土（多年或季节性）分布的矿业开采区域。

3.2

矿坑边坡 Mine slope

露天矿山开采时在矿坑周边形成的倾斜表面。

3.3

羊板粪 Sheep board dung

牧区羊圈中堆积的半腐熟的羊粪，可作为有机肥使用。

3.4

绿化土壤基质 Planting soil matrix for greening

可用于绿化植物种植所使用的自然土壤或人工配置土壤。

3.5

离析度 The segregation degree

喷播基质在水中振荡后产生的粒径小于 20 mm 的散落物质量占原基质质量的百分比。

3.6 \

蛇纹石 Serpentine

指一种含水的富镁硅酸盐矿物的总称，主要成分是硅酸镁，伴有铁、镍、钴、铬及少量铂族元素等。蛇纹石的结构常会有卷曲状，像纤维一样，可用作类壤基质进行矿山修复。

3.7

边坡稳定性评价 Stability evaluation of slope

根据边坡水文地质、工程地质、岩体结构特征、施工条件、区域气象条件以及已经出现的变形破坏迹象等特征，对边坡的稳定性状态做出定性或定量验算和评判。

3.8

保水保肥能力 Water and fertilizer retention ability

在适宜的土壤温度范围内，土壤通气性良好状态下，土壤基质吸持并保存水分和养分的能力。

3.9

土壤熟化 Soil maturation

经人类活动、定向培育，自然土壤（生土）逐步转变为适合作物生长的肥沃耕作土壤（熟土、油土）的过程。

3.10

环境功能材料 Environmental functional material

在加工、制造、使用和再生过程中具有最大使用功能和最小环境负荷材料，突出特点是功能性、环保性和经济性协调统一。

4 土壤改良总体要求

4.1 土壤改良剂质量控制一般要求

① 土壤调理剂：腐植酸含量>70%，与黑矾（ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）、生物炭等材料复合而成；
② 羊板粪：羊粪经过发酵的有机肥，有机质含量 35%以上，水分含量小于 30%，黑色球状颗粒；

③ 保水剂：钾离子型聚丙烯酰胺共聚物，白色颗粒，吸水倍数 200-400 倍；

④ 粘合剂：A30，聚丙烯酰胺，纯度>99%，可过 60-80 目筛；

⑤ 长纤维：2-6 cm，含有纤维素、半纤维素和木质素等，成线条状。

⑥ 短纤维：1-2 cm，含有纤维素、半纤维素、木质素和灰分等，稻壳状。

当园林绿化地形用土和绿化种植用土的土壤检测结果不合格时，应针对主要土壤问题，制定和调整相应的绿化基质土壤改良方案。应使用有机类材料进行改良，优先使用环境材料进行绿化土壤基质改良，其质量应符合 CJJ/T-292-2018、CJJ 82-2012 中的规定。改良后应再次取样送检，直至土壤检测合格后才能进入用于青海草种植。

4.2 土壤基质控制一般要求

(1) 绿化地形用土和绿化种植用土，应具备常规土壤外观，有一定疏松度、无明显可视杂物，常规土色、无明显异味。

(2) 坡度 $\geq 1:1.0$ 边坡，喷播基质的离析度应 $\leq 20\%$ 。经过边坡修整使得坡度介于 $25^\circ - 50^\circ$ 之间。

(3) 园林绿化种植用土土层厚度应参照 CJJ/T-292-2018。

(4) 目的植物的选择应该选择抗性强、抗寒耐干旱、耐贫瘠、根系发达的多年生本土植物，应选择种子易于采摘、储存、发芽的植物；应根据种子的生理特性和形态特征，选择适于喷播工艺的；草种宜先进行消毒后再使用。草种符合《DB63/T 820-2009》、《DB63/T 1063-2012》、《DB63/T 934-2010》、《DB63/T 1134-2012》、《DB63/T 330-2018》的质量要求。

(5) 土壤 pH 值应符合本地区栽植土标准或按 pH 5.6-8.5；土壤全盐含量应为 0.1%-0.3%；土壤容重应为 $1.0 \text{ g/cm}^3 - 1.35 \text{ g/cm}^3$ ；土壤有机质含量 $\geq 1.5\%$ ；土壤块径应按照 CJJ 82-2012 的要求执行，土壤块径 $\leq 5 \text{ cm}$ 。本文件施工后其它土壤理化等指标满足 CJJ/T-292-2018 和 CJJ-82-2012 的规定，具体参考附表 B 的要求，并为后续的边坡稳定性评价做准备。

(6) 根据材料配方及喷播基质性状不同，平地撒播可采用车载式液压喷播进行，边坡喷播绿化施工方法可用湿喷机客土喷播。喷播基质厚度设计应考虑喷播绿化施工方法、坡度、年降水量、岩土性质等。以蛇纹石渣土为主的平地撒播和边坡喷播绿化种植基质，参考 CJJ / T-292-2018《边坡喷播绿化工程技术标准》、《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 15618-2018、《绿化种植土壤》CJT 340-2016 和 CJJ 82-2012《园林绿化工程施工及验收规范》基质配制的要求。

5 土壤改良原则及技术路线图

根据青藏高原高寒矿区土壤的特征，坚持问题导向原则，解决高寒矿区客土短缺的问题；坚持资源化利用蛇纹石，因地制宜、分类施策的原则；坚持科学合理施用蛇纹石、原土、羊板粪、土壤调理剂、保水剂、粘合剂、长纤维等材料，立足科学治理的原则；坚持技术可行的原则，通过矿区边坡喷播和平地覆土撒播使植被得到恢复；坚持节约优先、注重实效的经济性原则。技术路线如下图所示：

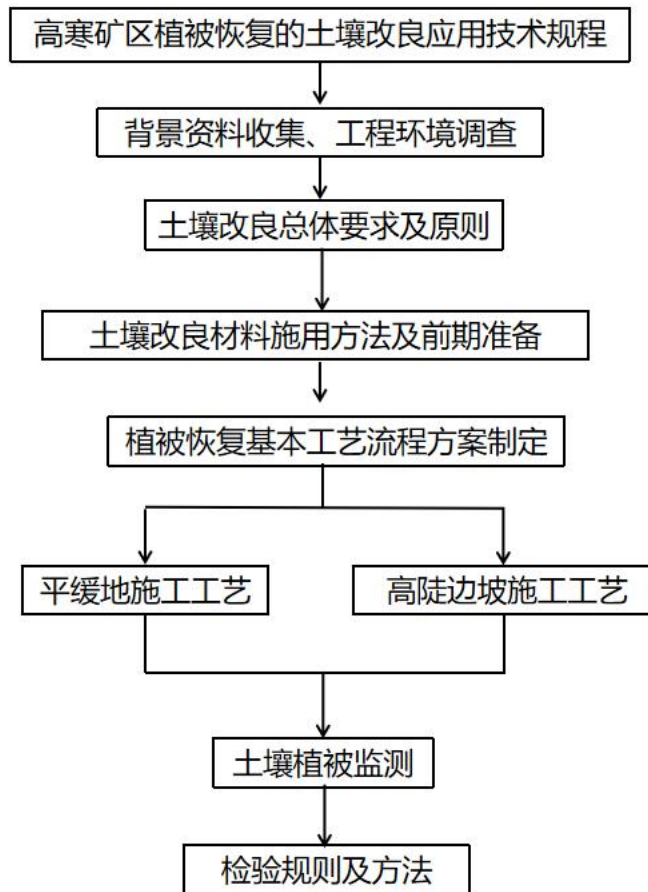


图 5-1 施工技术路线图

6 土壤改良材料施用方法

平缓地采用旋耕作业施工方式，采用拖拉机、旋耕机以及圆盘耙操作进行拌料；使用土头覆盖，土头覆盖达到 15 cm（原有土的无需覆土），土头去除 5 cm 以上石块；均匀施撒羊板粪和颗粒有机肥于土头表面，旋耕混合均匀；后通过旋耕机将土壤调理剂、保水剂等均匀施入种植中。

坡度大于 25°、坡高大于 3 m 的高陡坡面，采用车载式液压喷播或湿喷机机械作业，将蛇纹石渣土、原土、羊板粪分别筛分拌匀后加水与颗粒有机肥、土壤调理剂、保水剂、粘合剂、长纤维和短纤维等按比例计量添加到搅拌罐搅拌均匀 5-10 min 即可作业。

耕种前施用，首先将蛇纹石渣土和原土按照（质量比 6:4），进行均匀混合，后添加土

壤调理剂。施入表土 10 cm，搅拌均匀，在降水稳定后效果较好。具体试验确定土壤调理剂施用量为 0.5-1 kg/m²；羊板粪的施用量为 1.56-3.12 kg/m²；保水剂的施用量为 10-12 g/m²；粘合剂的施用量为 5-10 g/m²；长纤维的施用量为 0.3-0.5 kg/m²；短纤维的施用量为 1-1.5 kg/m²。

7 施工前期准备

7.1 考察调研

(1) 勘察调研项目背景资料收集、工程环境调查、矿区蛇纹石复合土理化性质监测；调研内容应符合本文件的规定。

(2) 背景资料收集应包括项目主要实施内容、气候条件（降雨、气温）、矿山地质条件、矿山目前生产状态、是否有污染、土地复垦方案以及矿区复绿现状等内容。

(3) 工程环境调查应包括项目工程的地理位置、地形地貌、土壤状况、植被分布、坡面类型和有效土源等内容，具体内容见附表 A。

(4) 矿区土壤理化性质检测应包括渣土的 pH 值、水溶性盐总量、容重、空气孔隙度、总孔隙度、有机质含量、水解性氮、有效磷、速效钾、土壤重金属含量(铅、镉、铬、汞、砷等)和土壤质地等，理化性质检测应符合 CJJ 82-2012《园林绿化工程施工及验收规范》的行业标准。

7.2 方案制订

(1) 蛇纹石渣土添加原土用于高寒矿区边坡绿化基质喷播和平地覆土撒播施工前，应确定改良措施、制定施工方案。

(2) 蛇纹石渣土添加原土用于高寒矿区土壤基质的物理改良技术应包括平整土地、掺拌改土、松土等，常用物理改良技术和施工方法宜符合表 6-1 规定。

表 7-1 蛇纹石渣土添加原土用作绿化基质改良的物理施工技术

措施	施工方法
平整土地	应采用场地清理、削高填洼、土地平整等方法，平整方式根据规划设计要求确定
掺拌改土	渣土中砂砾含量较高，土壤质地为砂壤土，应掺拌项目周边有植物种植的熟土
松土	应采用人力翻耕土壤方法，翻耕强度根据土壤性状确定
耙耨镇压	采用人工或机械耙耨镇压，使种子与肥料入土，草种、肥料与土壤紧密接触。

(3) 蛇纹石渣土添加原土用于高寒边坡喷播基质的化学改良技术，可采取施加天然改良剂、合成改良剂或天然-合成改良剂的方法，以酸中和碱、抑制钠吸附和培肥为改良，改善土壤理化结构和成分，促进土壤孔隙度增加，提高土壤抗剪切力，增强土壤保水保肥能

力、提高土壤有机质含量，达到土壤熟化效果。常用化学改良剂和施工方法宜可参照表 6-2。

表 7-2 蛇纹石渣土添加原土用作绿化基质改良的化学改良剂及施工方法

种类	施工方法
天然改良剂	采用施加沸石、矿源腐殖酸、泥炭、生物炭等方法，与蛇纹石复合渣土旋耕均匀，施用量根据渣土 pH 值、水溶性盐总量、容重、有机质含量、氮磷钾含量、草种长势确定
合成改良剂	采用施加保水剂、黑矾等方法，与蛇纹石复合渣土旋耕均匀，施用量根据渣土 pH 值、水溶性盐总量、容重、有机质含量、氮磷钾含量、草种长势确定
天然-合成改良剂	采用施加羊板粪、长纤维、短纤维、有机肥、多菌灵等，与蛇纹石复合渣土旋耕均匀，施用量根据渣土 pH 值、水溶性盐总量、容重、有机质含量、氮磷钾含量、草种长势等确定

(4) 改良蛇纹石渣土用于绿化基质改良施工方案可参照表 6-3。

表 7-3 蛇纹石渣土改良用作绿化基质的影响因素及相应措施

影响因素	施工方案
蛇纹石渣土容重大	采取物理改良措施、增施环境材料等方法改良土壤物理结构
蛇纹石渣土通气孔隙度小	采取物理改良措施、增施有机物质等方法改良
蛇纹石渣土蒸发量大	采取物理覆盖或生物膜覆盖的方法减少水分蒸发
蛇纹石渣土有机质含量低	采取增施有机物质、施加环境功能材料、添加化学改良剂、客土等方法
蛇纹石渣土保水保肥能力差	采取物理改良措施、施加环境功能材料、添加化学改良剂、生物改良措施等方法
蛇纹石渣土团粒结构差	采取施加环境功能材料、添加化学改良剂、增施有机物质等方法增加土壤团聚体数量，增强土壤团粒结构稳定性等

7.3 植物品种及物料使用

7.3.1 草种选择

选择适宜高寒地区种植的乡土草种，根据当地气候及土壤条件，选用根系发达、生长快、抗寒冷、耐贫瘠的多年生品种；主要草种有 6 种，包括青海草地早熟禾 (*Poa pratensis* cv. Qinghai)、青海冷地草熟禾 (*Poa crymophila* cv. Qinghai)、中华羊茅 (*Festuca sinensis*)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、多叶老芒麦 (*Elymus sibiricus* L.)、同德小花碱茅 (*Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) Scribn. et Merr. cv. Tongde) 每种 4-5 g/m² 进行混播，混

播比例为 1: 1: 1: 1: 1: 1。种子质量：种子质量要求达到国家规定的三级标准以上。采用精选、短芒、定量包装的草种，要求草种检验机构出具种子质量检验报告。豆科植物它本身是具有固氮的作用可补充土壤氮肥，可增加豆科植物种植。灌丛植物以乡土物种为主，也可以考虑引种的灌草品种结合。

7.3.2 土壤改良材料选择

羊板粪主要起到提高土壤养分的作用，可应对土壤贫瘠的问题。保水剂主要起到吸收水分，缓慢释放的作用，促进土壤保水和减少土壤水土流失，针对解决矿区边坡水土流失问题。土壤调理剂主要起促进土壤水稳性团粒结构增加，使得土壤的容重调整为 1.05-1.25 g/cm³；水肥保持能力增加；调节水肥气热和谐，改善土壤肥力，土壤有机质和养分利用效率提高；促进土壤重金属钝化稳定化。促进植物发芽成苗，促进作物生长和经济产量提高，改善作物品质。长纤维和短纤维可以改善土壤团粒结构并增加有机质，针对边坡土壤松散可以起到防风固坡的效果。阴离子线性聚丙烯酰胺俗称粘合剂，具有与土壤表面相同的负电荷，可以与土壤颗粒通过阳离子桥的形式相结合，增加土壤团粒结构，从而增强土壤保水性，减少土壤水分渗透和养分流失，提高水肥利用率，在青藏高原矿区边坡喷播中具有重要的水土保持效能。

7.3.3 生态修复材料施用量

根据立地环境和实地生态修复方案设计要求，羊板粪用量应 1.56-3.12 kg/m²，土壤调理剂用量从应为 0.5-1 kg/m²，可以根据情况适当添加有机肥。

7.3.4 肥料与日常管理

肥料用量参照喷播用量，从种草第二年开始，视种植草长势和土壤养分情况，在植物返青季节连续两年施用有机缓释肥。5年内施肥量为 4-6 kg/亩，保证植物正常生长所需养分。

8 植被恢复基本工艺流程

8.1 平缓地施工工艺

针对排土区、采矿区、选矿区、原矿堆场区、炸药库、尾矿库、办公生活区等地势相对平坦坡度≤25°或坡高≤3 m 区域采用覆土撒播方式治理，具体工艺流程如下：

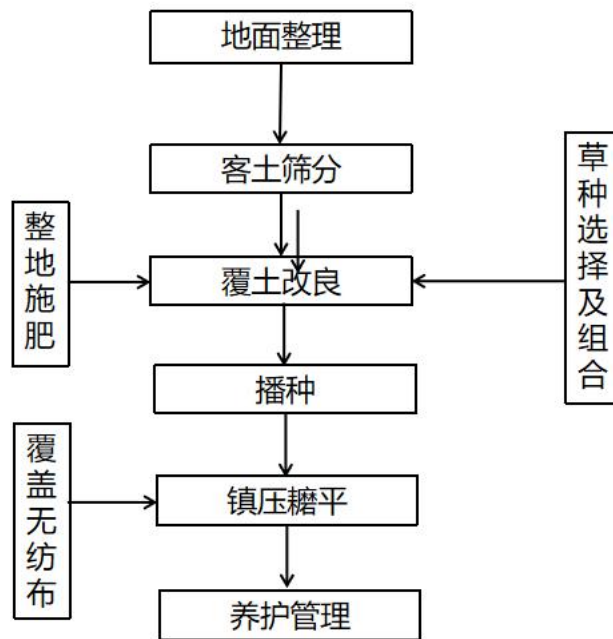


图 8-1 平地覆土撒播施工工序框图

8.1.1 地面整理

将原始平地采用人工和机械修整，清理大石块，平整坡面。坡度 $\leq 25^\circ$ 的坡地或坡高 ≤ 3 m 坡地区域，根据面积大小与地势情况采取人工（机械）方式进行地面整治，清理 ≥ 5 cm 以上石块，根据地势状况进行土地整平。

8.1.2 客土筛分

在原土不足区域，平地种植采用蛇纹石改良工艺种植，在使用前需进行筛分。首先过筛 10 cm 的筛子，继而过筛 5 cm 的筛子，再过筛 2 cm 细筛去除大石块或杂物。筛出 2 cm 以下的蛇纹石覆盖厚度达 20 cm 以上。

8.1.3 覆土改良

覆土改良主要采取人工或机械的方式将筛分后的蛇纹石配比原土（6：4）、羊板粪 1.56-3.12 kg/m²，颗粒有机肥 1.0-2.0 kg/m² 等，均匀覆盖在平地蛇纹石之上；采用旋耕方式将覆盖的羊板粪与上部 10 cm 蛇纹石混合，形成重构土。

8.1.4 整地施肥

按照地形条件，耕翻深度 10 cm 以上，旋耕机拌匀改良土壤，或选择圆盘耙地耙深 10 cm 以上。疏松土壤后表面撒播土壤调理剂 0.5-1 kg/m²、土壤保水剂 10-12 g/m²、有机缓释肥不高于 39 g/m² 等，采用拖拉机、旋耕机及圆盘耙操作。

8.1.5 草种选择及组合

种子选择适宜青海省高寒地区种植的乡土草种，根据当地气候及土壤条件，选用适宜生长的青海草地早熟禾、垂穗披碱草、中华羊茅、青海冷地早熟禾、同德小花碱茅、多叶

老芒麦等草种进行混播，混播质量比例为 1: 1: 1: 1: 1: 1，混播种量 24-30 g/m²。草种可采用净重 20 kg 的定量包装，包装要标明种子名称，收获年限、产地、等级、净度及供应单位。草种运输到施工技术人员、现场监理要现场抽样并做好样本的封存，将样本送到有资质的种子检验机构进行检验，出具相应检验报告。质量除质检部门每批次的检验报告外，中标企业供应的籽种必须有合格证。

8.1.6 播种

草种播种宜采用撒播工艺，将青海草地早熟禾、垂穗披碱草、中华羊茅、青海冷地早熟禾、同德小花碱茅、多叶老芒麦草进行混合均匀后，按照作业面积称量进行等比混播，总体控制播种深度在 0.5-2.0 cm，播种时间在每年 5-7 月。

8.1.7 镇压耨平

选择镇压器并附带耨子，对播种区域镇压并耨平 1-2 遍，达到紧实平整水平。

8.1.8 覆盖无纺布

加盖无纺布保水保温，防止水土流失，无纺布应满足易风化、抗辐射、污染指数低等特性，建议采用宽为 3 m、25 g/m² 无纺布覆盖，为防止被风吹起，采用 U 型钉固定，U 型钉 3 颗/m²。无纺布铺设应依据地形条件铺设（建议沿坡面顺铺），与地面贴实，条与条之间重叠 5 cm 左右，固定无纺布。

8.1.9 养护管理

坡面按间距 15-30 m，深度 0.5-1 m 规格的修筑排水沟，构建排水系统。低洼汇水处沿坡面制作纵向排水沟防止冲刷。没有网围栏的区域使用网围栏封育，巩固修复效果。每年返青季使用有机缓释肥追肥。同时，治理后五年实行禁牧管理和自然生长，持续开展生态监测，加强后期管护，为自然恢复创造有利条件。

8.2 高陡边坡施工工艺

根据现场立地环境暨坡度大小采用不同方式处理，主要针对于坡度 $\geq 25^\circ$ 、坡高 ≥ 3 m 的排土区、采区等区域高陡边坡采用厚层基材喷播法进行治理，挂椰网、挂生态棒喷播，生态棒间距 1.5 m，个别坡度 40° - 45° 挂铁丝网、挂生态棒喷播，生态棒间距 1 m，坡度 $\leq 25^\circ$ 按平地工艺施工；坡度 $\geq 45^\circ$ 采用自然修复。具体如下

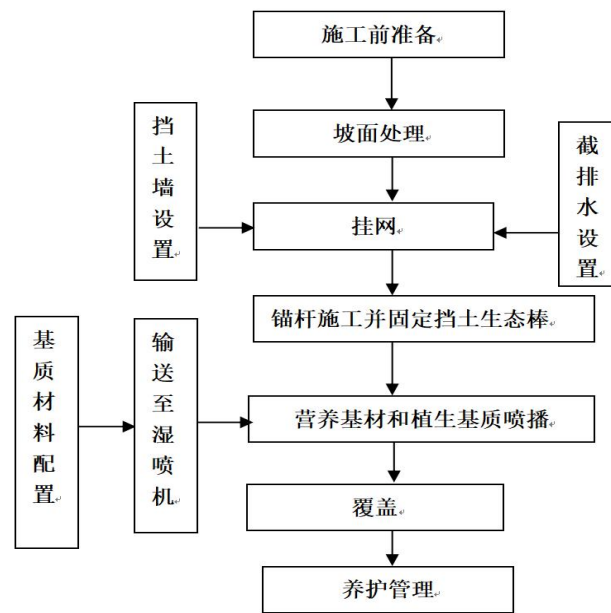


图 8-2 厚层基材喷播施工工序框图

施工前准备→边坡修整→边坡清理→挂椰网/铁丝网→挂生态棒→排水沟→客土筛分→材料搅拌→客土喷播→铺设水保草毯→养护管理

8.2.1 边坡修整

将原始坡面采用机械进行修整清理，清理坡面危石、浮石（直径>10 cm）及杂物，达到降低单台阶高度，放缓坡度、平整坡面的目的。

工程结合相关要求设计单台阶高度、坡度等因素对排土场进行修整。排土场由上到下逐级分段修整，高差低于 20 cm，每个平台设置挡墙，排水沟，平台宽度为 6-8 m，要求坡面石块不能大于 15 cm，避免因坡面石块太大、平整度不高，导致需要的土方量急剧增大和草籽根系生长受阻。同时，放缓排土场边坡坡度，坡度在场地允许的情况下控制在 25°，场地不允许的情况下单台阶坡度 33°，呈西高东低走向，坡度约 3%，如实在达不到 33°的要求，喷播工艺要求 $\geq 45^\circ$ 。具体操作：第一步，推机在平台上将采矿后的蛇纹石，沿坡面推下，密度大的蛇纹石石块堆积在底部；第二步是用挖机对坡面进行平整，去除大颗粒石块。

8.2.2 挂椰网/铁丝网

挂网前人工使用耙子对边坡坡面进行清理，清除作业面杂物及松动岩块，对坡面转角处及坡顶的棱角进行修整，使之呈弧形，尽可能将作业面平整，以利于客土喷播施工，同时增加作业面绿化效果，确保施工安全。通过机械、人工进行挑拣去除直径 10 cm 以上的砾石。

椰网铺设横向不搭接，纵向搭接 20 cm，挡墙底角线处椰网与钢筋缠绕 0.5 m（椰网是

用椰丝编制的网格 5*5 cm 的网，具备可降解的生物特性，主要用来固定喷播的客土）。椰网铺设后在挡墙底角线按 0.9 m 间距采用直径 12 mm，长 35 cm 螺纹钢进行固定。椰网铺设后在坡面底角线按 1.8 m 间距采用直径 12 mm，长 35 cm 螺纹钢进行固定。钢筋固定时，地面以下 22 cm，地面以上 13 cm，与地面垂直或与坡面呈 15°上倾角固定。

对于坡度 $\geq 45^\circ$ 的边坡应采用铺设铁丝网或勾花铁丝网。铁丝网采用尺寸 55*55 mm、 $\phi 2.032$ mm 的网，平铺在坡面上，铁丝网铺设后在挡墙底角线按 0.5 m 间距采用直径 25 mm，长 35 cm 螺纹钢进行固定。椰网铺设后在坡面底角线按 1.5 m 间距采用直径 25 mm，长 35 cm 螺纹钢进行固定。钢筋固定时，地面以下 22 cm，地面以上 13 cm，与地面垂直或与坡面呈 15°上倾角固定。链接处重叠不少于 100 mm，用铅丝扎紧。

8.2.3 挂生态棒

生态棒可采用长度 2 m、直径 10 cm 的涤纶土工布生产，保水材料、轻质基材、缓释肥和稻壳等填充饱满，具有可降解特性并拦挡喷播基质。生态棒铺设后距两端 10 cm 处采用直径 12 mm、长 35 cm 螺纹钢固定，中间位置（距两端钢筋 80 cm）采用直径 12 mm、长 35 cm 螺纹钢固定。生态棒在从坡面上角线至坡面底角线区域自上而下进行固定，沿坡面纵向间距为 1.5 m，局部坡度 $\geq 45^\circ$ 加密至间距 1 m。钢筋固定时，地面以下 22 cm，地面以上 13 cm，与坡面垂直或与坡面呈 15°上倾角固定。

8.2.4 截排水设置

排水沟因地制宜的修筑排水沟，构建排水系统，在坡顶设置横向排水沟。在平台低洼汇水处沿坡面设置纵向排水沟，间距 15-30 m，深度 0.1-0.5 m 规格。

8.2.5 客土筛分与土壤基质配置

对建矿初期剥离、收集、堆存的原土，使用前需进行大的石块筛分。首先过 10 cm 的筛子，继而过 5 cm 的筛子，去除石块，防止出现石块堵塞喷头。车载喷播机加料前经两次过筛，第一次过筛孔径为 4 cm 左右，第二次过滚筒筛孔径为 1 cm。按要求混合蛇纹石：原土=6: 4

将蛇纹石渣土和表剥原土过筛（筛网网孔 2 cm）后按照 6: 4 配比、羊板粪 1.56-3.12 kg/m²（已粉碎过筛）、颗粒有机肥 1.0-2.0 kg/m²、土壤保水剂 10-12 g/m²、土壤粘合剂 5-10 g/m²、土壤调理剂 0.5-1 kg/m²、缓释肥 39 g/m²、短纤维 1-1.5 kg/m²、长纤维 0.3-0.5 kg/m² 按照计量，使用车载式喷播机械加水。

8.2.6 材料搅拌

喷播材料有客土、土壤调理剂、长纤维、短纤维、椰糠、粘合剂、保水剂和草籽，将以上材料按配比在喷播机内混合、加水、搅拌。技术难点在于物料添加要符合要求，长纤维使用前需要粉碎处理，使长度达到 2-6 cm 左右以防止堵塞喷播管道。车载喷播机加料时先加保水剂和粘合剂，加水拌匀使其膨胀均匀，然后再添加其他物料，搅拌浓度适合喷播。

湿喷机具体操作：首先将蛇纹石渣土和原土按照一定的比例进行混合，并加入羊板粪，三者用铲车混合均匀。在混料时先加入部分土，然后加入椰糠、其他各种辅料。

8.2.7 客土喷播

通过实践和检验，提出两种喷播方案：

方案一：采用标准容量为 0.3 m³ 装载机拌料，即喷播前将过筛土方与椰糠、羊板粪拌合。再将拌合的混合料使用标准容量为 0.3 m³ 的装载机送入湿喷机，湿喷机过筛率为 60-70%，拌合料进入湿喷机搅拌斗后加入种子、保水剂、粘合剂、长纤维、短纤维、有机缓释肥、颗粒有机肥、椰糠、多菌灵、土壤调理剂。每台作业设备配备一台电子台秤计量。播种时间建议在每年 5-7 月。绿化基质湿喷机施工配方见可参照表 8-1。

表 8-1 绿化基质湿喷机施工材料配方

序号	物资名称	单位面积用量 (g/m ²)	加投环节	加投频次	加投容器	备注
1	椰糠（干重）	600-700	拌料环节 加投	每 3 铲斗 加一次	现场称重	
2	有机缓释肥	30-39		每 3 铲斗 加一次	电子天平 称重后制 作标准容 器	土头含肥 料
3	颗粒有机肥	100-150		每 3 铲斗 加一次		土头含肥 料
4	羊板粪（湿重）	1560-3120		每 3 铲斗 0.5 袋	袋	土头含肥 料
5	保水剂	10-12	湿喷机搅 拌环节加 投	每 1 铲斗 加一次	电子天平 称重后制 作标准容 器	
6	粘合剂	5-10		每 1 铲斗 加一次		
7	长纤维	300-500		每 1 铲斗 加一次	现场称重	
8	多菌灵	1-2		每 1 铲斗 加一次	电子天平 称重后制 作标准容 器	
9	混合草种	24-30		每 1 铲斗 加一次		
10	短纤维	1000-1500		每 1 铲斗 加一次	现场称重	
11	土壤调理剂	500-1000		每 1 铲斗 加一次	现场称重	

方案二：车载喷播机 8 m³ 容量，每车喷播成品面积 40 m²，罐体内加水后，先加入土壤调理剂、粘合剂、保水剂，再加长纤维、短纤维、椰糠、有机缓释肥、颗粒有机肥、羊板粪、多菌灵和蛇纹石渣土。将上述植生基质按照先后顺序加入搅拌罐充分搅拌 15-20 min（设备自带搅拌），通过高压水流喷射到已平整好的坡面上。分 3-5 次作业，先喷基质层，后喷种子层，喷播厚度一般为 10±2 cm。植生基质混合形成的土壤，具有质轻、吸水、透气和养分含量高等特点，适宜植物生长发育繁殖。每台作业设备配备一台电子台秤用于计

量。绿化基质车载喷播机施工配方可参照表 8-2。

表 8-2 车载喷播机施工配方

序号	物资名称	单位面积用量 (g/m ²)	加投环节	加投频次	加投容器	备注	
1	保水剂	10-12	加水后优先加入	每车加一次	电子天平称重后制作标准容器		
2	粘合剂	5-10		每车加一次			
3	椰糠 (干重)	600-700	加土前加入	每车加一次	现场称重	含水率 35%	
4	有机缓释肥	30-39		每车加一次	电子天平称重后制作标准容器		
5	颗粒有机肥	100-150		每车加一次			
6	羊板粪 (湿重)	1560-3120		每车加一次	袋		
7	长纤维	300-500		每车加一次	现场称重		
8	多菌灵	1-2		每车加一次	电子天平称重后制作标准容器		
9	短纤维	1000-1500		每车加一次			
10	混合草种	24-30		每车加一次			第 6 层加入
11	土壤调理剂	500-1000			每 1 铲斗加一次	现场称重	

1) 使用移动式喷播机将混合的喷播材料均匀喷播在坡面上, 基质层喷播 8 cm, 种子层 2 cm。

2) 使用固定式湿喷机一次成型。

8.2.8 铺设水保草毯

在喷播完成后在坡面上铺设水保草毯, 具有减少水分蒸发, 保温保湿, 防止水土流失、提高出苗率的功能。

9 土壤植被监测

为科学地评价矿区生态修复应用效果, 须对修复区域的土壤各养分指标、植被的群落的多样性、牧草出苗情况、物候期、生物量、物种多样性及土壤物理化学性质进行连续监测。

9.1 监测时间

在植物生长旺盛期对恢复区植被的返青期初期、茂盛期和衰败期开展监测 3 次/年, 连续监测 2-3 年。

9.2 监测内容

9.2.1 地面监测

在矿区植被修复区设置 1 个固定监测样地；根据植物长势设置 2 个随机监测样地。监测样地数量共计 3 个。每个监测样地设置 3 个 1 m*1 m 监测样方，共计 9 个监测样方。地面监测采用固定监测样地和随机监测样地结合的方法。各样方之间的距离大于 50 m。

(1) 固定监测指标包括牧草返青率、植被总盖度、植物种类和分种盖度、植株高度、频度、密度（分株数）、地上生物量以及植物物种丰富度等。

(2) 随机监测包括物种丰富度、植株高度、频度、盖度、地上生物量、土壤理化性质（土壤容重、含水量、有机质、pH 及水解性氮氮、有效磷等含量）、土壤微生物种群测定。

9.2.2 遥感监测

通过遥感或无人机近地面遥感监测分析、研究及数据核查过程，完成草地监测的数据校对。同时，结合地面调查数据，针对矿区植被状况，解读与处理影像，提取植被指数，建立遥感或无人机航拍植被生产力与地面调查之间的模型。遥感技术快速获取地面物体波谱信息，以作业点面样本数据和最近 1-2 年和未来 5 年内 6-8 月份的 MODIS 遥感影像为数据基础，获取植被综合覆盖度等信息，建立矿区植被最高生物量与植被指数之间的数学模型，通过建立的全类型草地的数学模型对矿区所有最高草地生物量进行估算，继而计算草地产草量等。

9.3 监测方法

采用地面调查及遥感影像解译相结合的监测技术，进行跟踪监测。

土壤：地面调查采用环刀法测定土壤容重，土壤温湿度酸碱度盐分四合一仪器测定土壤含水量。土钻多点采集 0-10 cm 土层，装入自封袋，每个样地 1 个混合样，带回实验室测定土壤有机质、重金属、pH、水解性氮、有效磷和速效钾等理化和微生物性质。

对土壤有机质含量、重金属污染物及 N、P、K 等含量测定，以生态修复工程实施当年测定数据为基础年，每年测定 1-2 次。土壤容重、土壤含水量等内容，结合植被长势监测，每年测定 2-3 次。

植被使用仪器和遥感影像解译相结合的方法在所选的样方内测量牧草返青率、测量植被总盖度、计数植物种类和分种盖度、测量植株高度、频度、密度（分株数）、地上生物量以及植物物种丰富度等，在返青期初期、茂盛期和衰败期开展监测 3 次/年，连续监测 3 年。

9.3.1 取样方法和测定方法

监测时根据面积、坡度选取监测点。测定指标主要为物理、化学、微生物及植被指标。其中植被指标主要为：

(1) 植被总盖度和分盖度：植被总盖度使用多光谱仪测量单位面积内植被覆盖度。分种盖度采用针刺法测定。

(2) 植株高度：按生殖枝和叶层高度分别测定绝对高度（即从地面到生殖枝或叶顶端），用 cm 来表示。

(3) 频度：指某种植物在样地内出现的次数，即出现在监测时用记名样方统计，以百分数来表示，频度样方不少于 10 个。

(4) 密度（株丛数）：调查样方内各种植物的数量多少。禾本科植物以丛数计数，直立型植物以株数计数，调查当年播种后幼苗数。

(5) 生物量：a. 地上生物量：测产样方应设置在规定点位上，按植物种类齐地面分别剪取，称重。b. 地下生物量：待植物样方调查结束后，用根钻采集 0-30 cm 土层的地下植物组织，并用标准筛水洗，去除土粒及其杂质，晾干。称其鲜重，同时带回实验室烘干，称干重。

(6) 物种丰富度：统计样方内的植物种数。

(7) 物候期：观测和记录一年中(从植物的返青到枯萎)植物的生长发育阶段和播种草种第二年种子成熟程度及产量。

(8) 成活率：统计单位面积内每种植物成活的数量占总量的百分比。

(9) 越冬率：统计单位面积内植物翌年返青时成活基数的比值。

10 检验方法

试剂中的硫酸溶液、盐酸溶液和氢氧化钠溶液具有腐蚀性，相关操作应在通风橱内进行，试验人员应进行适当防护。本文件并未指出所有可能的安全问题，使用者有责任采取必要的安全和健康防护措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

10.1 一般规定

本文件除另有规定外，所有试剂的纯度应在分析纯（AR）以上。本文件中所有试剂、水和溶液配置，在未标明规格和配置方法时，均按 GB/T 6682-2016 规定执行。

10.2 样品

10.2.1 采集与保存

按 DB11/T 864-2020 和 NY/T 1121.1-2006 的相关规定进行渣土样品采集和保存。

10.2.2 试样的制备

按 NY/T 1121.1-2006 的相关规定进行渣土处理和制备。

10.3 检测方法

10.3.1 pH 值的测定

按 HJ 962-2018 和 NY/T 1121.2-2006 规定方法执行。

10.3.2 水溶性盐总量的测定

按 NY/T 1121.16-2006 和 LY/T 1251-1999 规定方法执行。

10.3.3 容重的测定

按 NY/T 1121.4-2006 规定方法执行。

10.3.4 空气孔隙度的测定

按 LY/T 1215-2014 规定方法执行。

10.3.5 有机质含量的测定

按 NY/T 1121.6-2006 和 LY/T 1237-1999 规定方法执行。

10.3.6 水解性氮的测定

按 LY/T 1228-2015 规定方法执行。

10.3.7 有效磷的测定

按 NY/T 148-1990 和 LY/T 1232-2015 规定方法执行。

10.3.8 速效钾含量的测定

按 NY/T 889-2004 和 LY/T 1234-2015 规定方法执行。

10.3.9 石砾含量的测定

按 CJ/T 340-2016 规定方法执行。

10.3.10 总砷的测定

按 GB/T 22105.2-2008 和 HJ 803-2016 规定方法执行。

10.3.11 总镉的测定

按 GB/T 17141-1997 规定方法执行。

10.3.12 总汞的测定

按 GB/T 17136-1997 和 GB/T 22105.1-2008 规定方法执行。

10.3.13 总铅的测定

按 GB/T 17141-1997 和 HJ 803-2016 规定方法执行。

10.3.14 总铬的测定

按 HJ 491-2019 和 HJ 803-2016 规定方法执行。

10.3.15 总镍的测定

按 GB/T 17139-1997 和 HJ 803-2016 规定方法执行。

10.3.16 总铜的测定

按 GB/T 17138-1997 和 HJ 803-2016 规定方法执行。

10.3.17 种子发芽指数的测定

按 CJ/T 340-2016 规定方法执行。

11 检验规则

11.1 检测和计算所得数值的修约

本文件中质量指标合格判断，应符合 GB/T 8170-2008 中修约值比较法的规定。

11.2 检测机构要求

绿化地形用土和绿化种植用土的检验应由有检验资质的专业检测机构进行检测。

11.3 评定规则

11.3.1 通用要求

本文件参照 CJJ/T-292-2018、CJJ 82-2012 的规定要求。

11.3.2 土壤肥力相关要求

本文件参照 DB11/T 864-2020 的规定要求。

11.3.3 土壤其他指标要求

本文件参照 CJJ/T-292-2018、CJJ 82-2012 的规定要求。

附录
(资料性附录)

表 A 高寒矿区边坡绿化喷播基质改良工程区域基本数据调查表

时间:

调查人员:

地点:

联系方式:

类别	项目	调研检测情况								备注
工程环境调查	区域概况									
	地形地貌									
	气候特征									
	水文状况									
	人文环境									
	植被分布									
	周边设施									
渣土理化性质	采集样品 检测内容	X1	X2	X3	X4	Xn	\bar{X}		
	pH 值									
	水溶性盐总量(%)									
	碱化度(%)									
	钠吸附比(mmol/L)									
	容重(g/cm ³)									
	比重(g/cm ³)									
	孔隙度(%)									
	有机质含量(g/kg)									
	水解性氮(g/kg)									
	有效磷(g/kg)									
	速效钾(mg/kg)									
	总砷(mg/kg)									
	总镉(mg/kg)									
	总汞(mg/kg)									
	总铅(mg/kg)									
	总铬(mg/kg)									
	总镍(mg/kg)									
	总铜(mg/kg)									
	土壤质地									
石砾含量(%)										
种子发芽指数(%)										
检测时间										
测试人员										
测试单位										

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/985312240212011331>